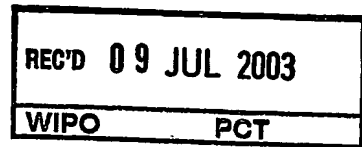


# BUNDE REPUBLIK DEUTSCHLAND



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 102 41 450.5

**Anmeldetag:** 06. September 2002

**Anmelder/Inhaber:** Robert Bosch GmbH, Stuttgart/DE

**Bezeichnung:** Verfahren zur Herstellung eines Bauteils mit  
einem Sensorelement, insbesondere eines  
Verformungssensors

**IPC:** B 81 C 1/00

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 26. Juni 2003  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

**PRIORITY DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

Hoib

**BEST AVAILABLE COPY**

23.07.02 Kut/Zj

5 ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

Verfahren zur Herstellung eines Bauteils mit einem Sensorelement, insbesondere eines Verformungssensors

10 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Bauteils, insbesondere eines Verformungssensors, mit einem Sensorelement nach der Gattung des Hauptanspruches.

Stand der Technik

15 In der Anmeldung DE 101 56 406.6 wird ein Verfahren zur Vereinzelung und Montage von Dehnmessstreifen auf einer verformbaren Membran beschrieben, wie sie in der Hochdrucksensorik, beispielsweise für Diesel-Common-Rail-Anwendungen oder in der Benzindirekteinspritzung, eingesetzt werden. Die in der genannten Veröffentlichung be-

20 schriebene Methode zielt vor allem auf eine Massenfertigung von Verformungssensoren, die beispielsweise auf Kraft bzw. Druck sensitiv sind, wobei eine Vereinzelung der Dehnungsmessstreifen, welche in einem Batch-Verfahren auf einem Wafer hergestellt werden, mit Hilfe einer Sollbruchstelle erfolgt, die zunächst in Form einer horizontalen Soll-

30 bruchstelle durch Aufbringen einer Schicht aus porösem Silizium auf einem Wafer erzeugt wird. Anschließend werden dann die eigentlichen Dehnungsmessstreifen hergestellt, wozu monokristallines oder polykristallines Silizium auf der porösen Schicht aufgewachsen und anschließend bereichsweise dotiert wird, so dass die Dehnmessstreifen in den dotierten Bereichen entstehen. Diese können danach mittels der Sollbruchstelle mit der aufgewachsenen Schicht von dem Wafer abgelöst werden. Die Vereinzelung der Dehnmessstreifen erfolgt abschließend durch Sägen, bevor sie auf einer Membran montiert werden. Der dazu eingesetzte Montageprozess ist in DE 101 56 406.6 ebenfalls beschrieben.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung war die Bereitstellung eines zu DE 101 56 406.6 alternativen Verfahrens zur Herstellung eines Bauteils mit einem Sensorelement, insbesondere eines Verformungssensors mit einem Dehnungsmessstreifen.

5 Vorteile der Erfindung

10 Das erfindungsgemäße Verfahren hat gegenüber dem Stand der Technik den Vorteil, dass auf die Herstellung bzw. die Verwendung einer porösen Schicht als Opferschicht verzichtet werden kann, so dass die damit verbundenen, vergleichsweise aufwändigen Fertigungsschritte entfallen können.

15 Weiter ist vorteilhaft, dass das erfindungsgemäße Verfahren sehr gut zur massenhaften Herstellung von Bauteilen mit einem Sensorelement, insbesondere Verformungssensoren mit einem Dehnungsmessstreifen, eingesetzt werden kann, d.h. es eignet sich zur Batch-Fertigung und es kann in bestehende Fertigungslinien bzw. Verfahren zur Montage des Sensorelementes auf dem Bauteil und die Verbindung des Sensorelementes mit dem Bauteil, insbesondere einem Stahlteil mit einer bereichsweise vorgesehenen Membran, wie sie für Drucksensoren eingesetzt und aus DE 101 56 406.6 bekannt sind, integriert werden. Daneben eignet sich das erfindungsgemäße Verfahren aber auch für die Herstellung und Montage von Temperatursensoren, magnetischen Sensoren oder auch als Fertigungsverfahren im Bereich der integrierten Elektronik, insbesondere zur Herstellung und Montage von integrierten elektronischen Schaltungen, sogenannten ASIC's.

20 Vorteilhaft ist weiter, dass der um den Bereich des zu erzeugenden Sensorelementes mit dem sensitiven Bereich und zumindest einem Teil der elektrischen Strukturen umlaufende Graben mit Hilfe oberflächenmikromechanischer Standardprozesse wie beispielsweise anisotropes Plasmaätzen von Trenchgräben gemäß DE 42 41 045 C1 oder Opferschichtätzen erfolgen kann. Derartige Prozesse sind bei der Herstellung oberflächenmikromechanischer Bauteile wie Beschleunigungs- oder Drehratensensoren in der Serienfertigung etabliert.

30 Vorteilhaft ist zudem, dass bei dem erfindungsgemäßen Verfahren die Sollbruchstellen als Verbindungsstellen über senkrecht zu der Oberfläche des Substrates erzeugten Trenchgräben mit einem möglichst hohem Aspektverhältnis verlaufen, während gemäß DE 101 56 406.1 die dort vorgesehenen Sollbruchstellen innerhalb des Schichtaufbaus,

35

d.h. in einer vertikalen Anordnung bezogen auf die Substratoberfläche, vorliegen, was aufwändiger in der Herstellung und anfälliger gegenüber Fertigungsschwankungen ist. Daneben ist es gemäß DE 101 56 406.6 erforderlich, die erzeugten Sensorelemente vor der Montage bzw. der Verbindung mit den metallischen Bauteilen durch Sägen zunächst zu vereinzeln. Auf diesen Sägeprozess kann bei dem erfindungsgemäßen Verfahren verzichtet werden.

Insgesamt liegen die Vorteile des erfindungsgemäßen Verfahren einerseits in der guten Beherrschbarkeit der eingesetzten Prozesstechnik, den vergleichsweise niedrigen anfallenden Kosten, der Umgehung von Nachteilen, die sich aus der Erzeugung einer porösen Schicht gemäß DE 101 56 406.6 ergeben, und der völligen Designfreiheit der geometrischen Form des zu erzeugenden Sensorelementes, der zu erzeugenden umlaufenden Gräben und der Anordnung der elektrischen Strukturen, da diese beispielsweise durch einen fotolithographischen Prozess definiert werden können. Überdies erlaubt das erfindungsgemäße Verfahren aufgrund der guten Beherrschbarkeit der einzelnen Verfahrensschritte eine sehr gute Kontrolle der mechanischen Stabilität bzw. der angestrebten mechanischen Instabilität der Sollbruchstelle.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den in den Unteransprüchen genannten Maßnahmen.

So ist besonders vorteilhaft, dass die Dicke der erzeugten Dehnwiderstände bzw. Dehnungsmessstreifen über die Schichtdicke der eingesetzten polykristallinen oder monokristallinen Siliziumschicht sehr genau eingestellt werden kann, wobei die Dicken der Dehnungsmessstreifen bevorzugt zwischen 1  $\mu\text{m}$  und 20  $\mu\text{m}$  liegen. Daneben kann die mindestens eine Verbindungsstelle, die als Sollbruchstelle ausgebildet ist, in ihrer mechanischen Stabilität sehr einfach über die Dicke der aktivierbaren Schicht und/oder die Form der Verbindungsstelle in Draufsicht eingestellt werden.

Zur Erzeugung des umlaufenden Grabens hat sich als besonders vorteilhaft der Einsatz eines anisotropen Plasmaätzverfahrens herausgestellt, wie es aus DE 42 41 045 C1 bekannt ist. Dabei werden von der Oberfläche der aktivierbaren Schicht bis in die Tiefe der Opferschicht möglichst senkrechte Trenchgräben mit einem möglichst hohen Aspektverhältnis, d.h. einem Verhältnis von Höhe zu Breite der Trenchgräben, von bevorzugt mehr als 10:1, erzeugt.

Das Entfernen der Opferschicht nach dem Erzeugen des umlaufenden Grabens, der in der Tiefe bis zur Opferschicht reicht, kann besonders einfach durch ein übliches isotropes Ätzverfahren, beispielsweise ein Gasphasenätzen mit HF-Dampf, erfolgen. Auf diese  
5 Weise wird die Opferschicht unter dem zu erzeugenden Sensorelement entfernt, so dass dieses zunächst freitragend mit Hilfe der mindestens einen Verbindungsstelle über dem durch Entfernen der Opferschicht erzeugten Hohlraum gehalten wird.

10 Eine Möglichkeit zur weiteren Prozessvereinfachung und Verbesserung der Prozesskontrolle, insbesondere hinsichtlich der erzeugten Schichtdicke und der Erzeugung von Versetzungen, ergibt sich bei der Verwendung handelsüblicher SOI-Wafer („Silicon-On-Isolator“), d.h. es ist nun auch möglich, eine versetzungsarme, monokristalline, aktivierbare Schicht einzusetzen.

15 Schließlich ist vorteilhaft, wenn die dem Sensorelement zugeordnete Auswerteelektronik und/oder Ansteuerelektronik zumindest zum Teil in der Umgebung der erzeugten Dehnungsmessstreifen bzw. Dehnwiderstände oder allgemeiner des erzeugten sensitiven Bereiches integriert ist. Dies führt zu weiteren Kostenersparnissen.

20 Das erfindungsgemäße Verfahren eignet sich besonders zur kostengünstigen Produktion von Hochdrucksensoren mit einer Stahlmembran, die für Drücke bis zu 1800 bar eingesetzt werden können, sowie zur Herstellung von Dehnungsmessstreifen, die in einem Kraftsensor einsetzbar sind, im Rahmen eines Batch-Verfahrens.

#### Zeichnungen

30 Die Erfindung wird anhand der Zeichnungen und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen Figur 1a bis Figur 1d verschiedene Verfahrensschritte beim Herausstrukturieren eines Sensorelementes aus einer Schichtanordnung im Schnitt, Figur 2 eine Draufsicht auf Figur 1d, Figur 3a bis Figur 3d, ausgehend von Figur 1d, das Herausbrechen eines Sensorelementes und den Transfer und das Fixieren des herausgebrochenen Sensorelementes auf einem Träger in verschiedenen Verfahrensschritten, und Figur 4a bis Figur 4c verschiedene Ausführungsbeispiele zur Ausführung des mit dem Bauteil verbundenen Sensorelementes in Draufsicht, ausgehend von Figur 1d.

35

### Ausführungsbeispiele

Die Figur 1 zeigt ein Substrat 21, beispielsweise einen Siliziumwafer, auf dem sich eine Opferschicht 20, beispielsweise aus Siliziumoxid, befindet. Auf der Opferschicht 20 ist eine aktivierbare Schicht 10 aufgebracht, die beispielsweise aus polykristallinem oder monokristallinem Silizium besteht. Insofern liegt gemäß Figur 1a eine Sandwichstruktur mit der Schichtabfolge Silizium-Siliziumoxid-Silizium vor. Wenn eine monokristalline Siliziumschicht als aktivierbare Schicht 10 eingesetzt wird, kann als Sandwichaufbau gemäß Figur 1a auch ein handelsüblicher SOI-Wafer eingesetzt werden.

Die Figur 1b erläutert, wie in einem zweiten Verfahrensschritt eine Strukturierung der aktivierbaren Schicht 10 vorgenommen wird. Dazu wird in der aktivierbaren Schicht 10 bereichsweise oberflächlich durch Ionenimplantation oder Diffusion ein sensibler Bereich 12, beispielsweise in Form eines Dehnungsmessstreifens bzw. eines Dehnwiderstandes, erzeugt. Gleichzeitig kann, insbesondere bei einer monokristallinen aktivierbaren Schicht 10, auch in diesem Stadium bereits eine Auswerteelektronik 72 auf der aktivierbaren Schicht 10 integriert werden. Weiter kann in diesem Stadium auch eine Metallisierung für eine spätere elektrische Kontaktierung des sensiblen Bereiches 12 bzw. für eine auf der aktivierbaren Schicht 10 aufgebrachte Auswerteschaltung oder Ansteuerelektronik aufgebracht werden. Insbesondere ist in Figur 1b dargestellt, wie neben der Mehrzahl von sensiblen Bereichen 12 auf der aktivierbaren Schicht 10 auch Kontaktflächen 13 in Form von metallischen Kontaktpads aufgebracht worden sind.

Bevorzugt wird bereits in dem Verfahrensschritt gemäß Figur 1b mit einer Mehrzahl von Dehnwiderständen bzw. Dehnungsmessstreifen 12 und mit Hilfe von elektrischen Strukturen, insbesondere den Kontaktflächen 13 und nicht dargestellten Leiterbahnen, für jedes zu erzeugende Sensorelement 15 eine Wheatstone'sche Brückenschaltung 14 oder eine oder mehrere Halbbrücken einer Wheatstone'schen Brückenschaltung 14 erzeugt.

Eine derartige Wheatstone'sche Brückenschaltung 14 weist mehrere sensitive Bereiche 12, insbesondere vier Dehnungsmessstreifen, und Kontaktflächen 13 bzw. Leiterbahnen auf, die auf der aktivierbaren Schicht 10 oder im Bereich der Oberfläche der aktivierbaren Schicht 10 aufgebracht bzw. integriert worden sind, sowie optional auch eine integrierte Auswerteschaltung.

5 Zum Schutz der Kontaktflächen 13, der sensitiven Bereiche 12 und/oder auch einer gegebenenfalls bereits angelegten Auswerteelektronik bzw. Ansteuerelektronik kann zusätzlich auch eine nicht dargestellte Passivierschicht auf die aktivierbare Schicht 10 aufgebracht werden. Diese Passivierschicht wird im Bereich der Kontaktstellen 13 im weiteren Verlauf dann geöffnet bzw. bleibt alternativ schon bei der Erzeugung in den Bereichen 13 geöffnet.

10 Die Figur 1c zeigt, wie in einem weiteren Verfahrensschritt unter anderem mit Hilfe eines fotolithographischen Standardprozesses Gräben 11 in die aktivierbare Schicht 10 eingeätzt werden, die bis zur Opferschicht 20 reichen. Diese Gräben 11 sind möglichst senkrecht ausgeführte Trenchgräben mit möglichst hohem Aspektverhältnis. Gleichzeitig wird mit Hilfe dieses fotolithographischen Standardprozess auch die endgültige geometrische Form der erzeugten Dehnungsmessstreifen in Draufsicht festgelegt.

15 Beim Erzeugen der Gräben 11 ist wichtig, dass die von den Gräben 11 eingeschlossenen Bereiche der aktivierbaren Schicht 10, die später das Sensorelement 15 bilden sollen, als Sollbruchstellen ausgeführte Verbindungsstellen 25 aufweisen, die diese Bereiche mit Teilen der aktivierbaren Schicht 10, die außerhalb der von den Gräben 11 umschlossenen Bereiche liegen, verbinden. Bevorzugt sind mehrere Verbindungsstellen 25, beispielsweise zwei oder vier, vorgesehen.

20 Die Aufgabe der Verbindungsstellen 25 besteht darin, nach einem Entfernen der Opferschicht 20 unterhalb des Sensorelementes 15 den betreffenden Bereich der aktivierbaren Schicht 10, der von den Gräben 11 eingeschlossen ist, zunächst freitragend zu halten, wobei jedoch gleichzeitig eine möglichst schwache mechanische Verbindung mit verbliebenen Teilen der aktivierbaren Schicht 10 vorliegen sollte, die leicht gebrochen werden kann (Sollbruchstelle).

30 In Draufsicht haben die Verbindungsstellen 25, wie in Figur 2 dargestellt, bevorzugt ein dreieckförmiges Design. Es sind jedoch auch andere, statisch auf den Einzelfall optimierte Ausführungsformen für die Verbindungsstelle 25 möglich.

35 Nach dem erläuterten Trenchprozess, der bevorzugt durch anisotropes Plasmaätzen erfolgt, wird dann über die erzeugten Gräben 11 die Opferschicht 20 in dem Bereich unterhalb der aktivierbaren Schicht 10, der von den Gräben 11 umschlossen wird, entfernt.

Dieses Entfernen der Opferschicht geschieht im Fall einer Siliziumoxid-Opferschicht bevorzugt durch HF-Gasphasenätzen.

5 Nach diesem Verfahrensschritt ergibt sich ein Aufbau gemäß Figur 1d, d.h. das zu erzeugende Sensorelement 15 mit den zugeordneten sensitiven Bereichen 12 wird nur noch über die Verbindungsstellen 25 über einem durch Entfernen der Opferschicht 20 erzeugten Hohlraum 27 gehalten.

10 Die mechanische Stabilität der Verbindungsstelle 25 kann dabei in sehr einfacher Weise durch die Dicke der auf die Opferschicht 20 aufgetragenen monokristallinen oder polykristallinen Schicht 10 sowie auch durch die Form der Verbindungsstelle 25 in Draufsicht eingestellt werden.

15 Die Figur 2 erläutert eine Draufsicht auf Figur 1d. Dabei ist erkennbar, dass die Gräben 11 jeweils von vier Verbindungsstellen 25 unterbrochen sind, wobei die Gräben 11 jeweils ein Sensorelement 15 umschließen, das über die Verbindungsstellen 25 mit der aktivierbaren Schicht 10 verbunden und über dem Hohlraum 27 freitragend gehalten wird. Weiter ist in Figur 2 erkennbar, dass jedes der Sensorelemente 15 über vier Kontaktflächen 13 verfügt, über die die jeweils vier vorgesehenen sensitiven Bereiche 12 elektrisch  
20 ansteuerbar bzw. auslesbar sind, die in Form von Dehnungsmessstreifen ausgeführt und innerhalb des Sensorelementes 15 jeweils zu einer Wheatstone'schen Brückenschaltung 14 miteinander verschaltet sind.

Insgesamt ist gemäß Figur 2 eine Vielzahl von Sensorelementen 15 auf einem gemeinsamen Substrat 21 erzeugt worden, die im Folgenden einzeln werden.

Die Figur 3a zeigt dazu, wie der Schichtaufbau gemäß Figur 1d mit den über die Verbindungsstellen 25 freitragend gehaltenen Sensorelementen 15 zunächst auf einer Klemmvorrichtung 40, beispielsweise einem elektrostatischen Chuck, gehalten wird. Daneben ist  
30 gemäß Figur 3b dargestellt, wie eines der Sensorelemente 15 mit Hilfe eines Greifers 50, beispielsweise eines Vakuumgreifers, mit einer voreingestellten Kraft fixiert und angehoben wird, so dass die Verbindungsstellen 25 durch das gleichzeitige Festhalten des Substrates 21 mit der Klemmvorrichtung 40 aufgebrochen werden. Insgesamt wird dadurch das Sensorelement 15 von der Verbindung mit dem Substrat 21 bzw. der aktivierbaren  
35 Schicht 10 gelöst, was in Figur 3c dargestellt ist.



5 Anschließend wird dann das von dem Greifer 50 fixierte Sensorelement 15 auf einen Träger 70 transferiert, der im erläuterten Beispiel als Stahlträger oder Stahlsubstrat mit einem oberflächlich vorgesehenen Membranbereich 71 ausgebildet ist, so dass das mit dem Träger 70 verbundene Sensorelement 15 als Verformungssensor dienen kann. Die Figur 3d zeigt in diesem Zusammenhang weiter, dass eine Mehrzahl von Trägern 70 auf einem Band angeordnet sind, und nacheinander jeweils mit einem Sensorelement 15 versehen werden. Insofern handelt es sich bei dem Verfahren gemäß den Figuren 3a bis 3d um ein Pick-and-Place-Montageprinzip, das bevorzugt als Durchlaufverfahren betrieben wird.

10 Weiter sei erwähnt, dass die Justage der Sensorelemente 15 mit Hilfe des Greifers 50 relativ zu den Trägern 70 auf der eingesetzten Transportvorrichtung 60 bevorzugt wie in DE 101 56 406.6 beschrieben erfolgt.

15 Nach der Montage der Sensorelemente 15 auf den Trägern 70, wobei die Sensorelemente 15 beispielsweise durch einen Kleber auf den Trägern 70 gehalten werden, erfolgt dann eine Härtung dieses Klebers, beispielsweise in einem Ofen.

20 Alternativ zu dem Durchlaufverfahren gemäß Figur 3c und der dabei eingesetzten Transportvorrichtung 60 kann auch ein Montageverfahren eingesetzt werden, bei dem die Träger 70 durch einen Werkstückträger bei der Justage und der Montage der Sensorelemente 15 gehalten werden.

Im Übrigen sei noch erwähnt, dass anstelle eines Greifers 50 auch eine anders geartete Halteinrichtung eingesetzt werden kann, mit der das Sensorelement erfasst, die Verbindungsstelle aufgebrochen und eine Justage und eine Montage der Sensorelemente 15 auf dem Träger 70 erfolgen kann.

30 Ein wesentlicher Vorteil des erläuterten Verfahrens liegt in der Vielzahl der damit erzeugbaren geometrischen Formen der Sensorelemente 15, die so an den jeweiligen Anwendungsfall optimiert ausgeführt werden können. Daneben können die sensitiven Bereiche 12 oder Dehnungsmessstreifen je nach Bedarf auch auf unterschiedliche Weise auf dem Träger 70 oder relativ zu dem Membranbereich 71 angeordnet werden.

Die Figur 4a zeigt dazu eine Draufsicht auf ein Bauteil 5 mit einem Sensorelement 15, das entsprechend dem Vorgehen nach Figur 3d auf einem Stahlträger 70 mit einem Membranbereich 71 montiert und fixiert worden ist, wobei das Design des Sensorelementes 15 dem Design ausgehend von Figur 2 entspricht. Insbesondere ist gemäß Figur 4a vorgesehen, dass vier sensitive Bereiche 12 in Form von Dehnwiderständen im Stauchbereich der Membran 71 angeordnet, über nicht dargestellte Leiterbahnen zu der Wheatstone'schen Brückenschaltung 14 miteinander verschaltet und über die Kontaktflächen 13 elektrisch kontaktierbar sind.

Bei der Anordnung gemäß Figur 4a wird im Fall der Ausführung der aktivierbaren Schicht 10 aus monokristallinem Silizium insbesondere ausgenutzt, dass der longitudinale k-Faktor und der transversale k-Faktor von monokristallinem Silizium unterschiedliche Vorzeichen aufweisen.

Die Figur 4b erläutert eine alternative Ausführungsform für das Design des Sensorelementes 15 und dessen Anordnung auf dem Träger 70 mit dem Membranbereich 71, das den Vorteil eines verringerten Flächenbedarfes bei nahezu gleicher Funktionalität hat.

Bevorzugt ist eine elektronische Schaltung 72 in Form einer Auswerteelektronik oder einer Ansteuerelektronik bereits in das Sensorelement 15 gemäß den Figuren 4a oder 4b integriert. Hierbei ist aber auf eine möglichst gute Entkoppelung der elektronischen Schaltung 72 gegenüber mechanischen Spannungen zu achten, da Bauelemente wie Transistoren und Widerstände eine vielfach hohe Spannungssensitivität aufweisen.

Alternativ kann die elektronische Schaltung 72 aber auch außerhalb des Verformungsbereiches des Bauteils 5, d.h. insbesondere außerhalb des Membranbereiches 71, angebracht sein. Die Figur 4c zeigt hierzu eine Anordnung, bei der, ausgehend von der Anordnung gemäß Figur 4b, eine elektronische Schaltung 72 als Auswerteelektronik bzw. Ansteuerelektronik außerhalb des Membranbereiches 71, der gleichzeitig der Verformungsbereich des Verformungssensors, der durch das Bauteil 5 mit dem aufgebrachten Sensorelement 15 gebildet wird, angebracht worden ist, die über nicht dargestellte Leiterbahnen mit dem Sensorelement 15 in Verbindung steht. Bevorzugt ist in diesem Fall vorgesehen, dass die elektronische Schaltung 72 in Form eines separaten Chips ausgeführt ist.

Generell sei zu den erläuterten Anordnungen noch betont, dass die Wheatstone'sche Brückenschaltung 14 und die Kontaktflächen 13 lediglich schematisch dargestellt sind. Hinsichtlich weiterer Verfahrensdetails wird zudem auch auf die Anmeldung DE 101 56 406.6 verwiesen.

23.07.02 Kut/Zj

5 ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

### Ansprüche

- 10 1. Verfahren zur Herstellung eines Bauteils (5), insbesondere eines Verformungs-  
sensors, mit einem Sensorelement (15) mit mindestens einem auf eine Dehnung oder  
Stauchung sensitiven Bereich (12) sowie damit in Verbindung stehenden elektrischen  
Strukturen (13, 14, 72), wobei der sensitive Bereich (12) auf oder innerhalb einer akti-  
vierbaren Schicht (10) angelegt wird, dadurch gekennzeichnet, dass auf oder in einem  
15 Substrat (21) eine Opferschicht (20) und auf der Opferschicht (20) die aktivierbare  
Schicht (10) angelegt wird, dass auf oder in der aktivierbaren Schicht (10) der zumindest  
eine sensitive Bereich (12) und zumindest ein Teil der elektrischen Strukturen (13, 14,  
72) angelegt werden, dass um den Bereich des zu erzeugenden Sensorelementes (15) mit  
dem mindestens einen sensitiven Bereich (12) und zumindest dem Teil der elektrischen  
20 Strukturen (13, 14, 72) ein umlaufender Graben (11) erzeugt wird, der von mindestens ei-  
ner Verbindungsstelle (25) unterbrochen ist, die den Bereich des Sensorelementes (15)  
mit dem außerhalb des umlaufenden Grabens (11) liegenden Teil der aktivierbaren  
Schicht (10) verbindet, dass ein Entfernen der Opferschicht (10) unter dem Bereich des  
Sensorelementes (15) erfolgt, dass der Bereich des Sensorelementes (15) mit einer Halt-  
einrichtung (50) fixiert und die Verbindungsstellen (25) aufgebrochen werden, und dass  
25 ein Transfer des mit der Halteinrichtung (50) fixierten Sensorelementes (15) und ein Ver-  
binden mit einem Träger (70) erfolgt.
- 30 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass als Opferschicht (20)  
eine Schicht aus Siliziumoxid, insbesondere auf einem Substrat (21) auf Silizium, und als  
aktivierbare Schicht (10) eine Schicht aus polykristallinem oder monokristallinem Silizi-  
um eingesetzt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der sensitive Bereich (12) als Dehnwiderstand oder Dehnungsmessstreifen, insbesondere mit einer Dicke von 1  $\mu\text{m}$  bis 20  $\mu\text{m}$ , in einem Oberflächenbereich der aktivierbaren Schicht (10) oder auf der Oberfläche aktivierbaren Schicht (10), insbesondere auf oder im Bereich von deren Oberseite oder Unterseite, erzeugt wird.

4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der sensitive Bereich (12) durch bereichsweise Dotierung der aktivierbaren Schicht (10), insbesondere mittels Ionenimplantation oder Eindiffusion von Fremdatomen, erzeugt wird.

5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass auf oder in einer Umgebung des sensitiven Bereiches (12) mindestens eine Kontaktfläche (13), insbesondere in Form einer oberflächlichen Metallisierung, erzeugt wird, über die der sensitive Bereich (12) elektrisch kontaktierbar ist.

6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens eine Verbindungsstelle (25) als Sollbruchstellen ausgebildet wird, und dass die mechanische Stabilität der als Sollbruchstelle dienenden Verbindungsstelle (25) über die Dicke der aktivierbaren Schicht (10) und/oder die Form der Verbindungsstelle (25) in Draufsicht eingestellt wird.

7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der umlaufende Graben (11) in einem Trenchprozess, insbesondere einem anisotropen Plasmaätzverfahren, derart erzeugt wird, dass er von der Oberfläche der aktivierbaren Schicht (10) in der Tiefe bis zu der Opferschicht (20) reicht.

8. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Opferschicht (20) nach dem Erzeugen des umlaufenden Grabens (11) durch Ätzen, insbesondere durch Gasphasenätzen mit HF-Dampf, derart unter dem Sensorelement (15) entfernt wird, dass dieses freitragend von der mindestens einen Verbindungsstelle (25) über einem Hohlraum (27) gehalten wird.

9. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der sensitive Bereich (12) mit einer Mehrzahl von Dehnwiderständen oder Dehnungsmessstreifen angelegt wird, die mit Hilfe der elektrischen Strukturen (13, 14, 72) zu einer Wheatstone'schen Brückenschaltung (14) oder einer Halbbrücke einer Wheatstone'schen Brückenschaltung verschaltet werden.

10. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Teil der elektrischen Strukturen (13, 14, 72), insbesondere in Form einer Auswertelektronik (72) oder Ansteuerelektronik und/oder in Form von Kontaktflächen (13) und/oder einer Brückenschaltung (14), auf dem sensitiven Bereich (12) angelegt wird, oder dass zumindest ein Teil der elektrischen Strukturen (13, 14, 72), insbesondere in Form einer Auswertelektronik (72) oder Ansteuerelektronik und/oder in Form von Kontaktflächen (13) und/oder einer Brückenschaltung (14), auf oder innerhalb der aktivierbaren Schicht (10) angelegt wird.

11. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Aufbrechen der Verbindungsstellen (25) mit Hilfe eines Greifers, insbesondere eines Vakuumgreifers (50), erfolgt, der das herauszulösende Sensorelement (15) erfasst, und dass das Substrat (21) bei diesem Aufbrechen mit einer Halteeinrichtung, insbesondere einer elektrostatischen Klemmvorrichtung (40), fixiert wird.

12. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Sensorelement (15) zumindest teilweise über einem Membranbereich (71) oder einem Verformungsbereich des Trägers (70) mit dem Träger (70), insbesondere einem Stahlsubstrat, verbunden, insbesondere verklebt, wird.

13. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Vielzahl von Sensorelementen (15) gleichzeitig auf dem Substrat (21) erzeugt werden, und dass die Sensorelemente (15) insbesondere einzeln nacheinander mit der Halteinrichtung (50) fixiert, nach Aufbrechen der mindestens einen Verbindungsstelle (25) transferiert und mit einem dem Sensorelement (15) zugeordneten Träger (70) verbunden werden.

14. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die herausgebrochenen Sensorelemente (15) in einem Durchlaufverfahren relativ zu dem diesen jeweils zugeordneten Träger (70) justiert und auf diesem montiert werden.

23.07.02 Kut/Zj

5 ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

Verfahren zur Herstellung eines Bauteils mit einem Sensorelement, insbesondere eines Verformungssensors

10 Zusammenfassung

Es wird ein Verfahren zur Herstellung eines Bauteils (5), insbesondere eines Verformungssensors, mit einem Sensorelement (15) mit mindestens einem auf eine Dehnung oder Stauchung sensitiven Bereich (12) sowie damit in Verbindung stehenden elektrischen Strukturen (13, 14, 72) vorgeschlagen. Dazu wird auf oder in einem Substrat (21) eine Opferschicht (20) und auf der Opferschicht (20) eine aktivierbare Schicht (10) angelegt, wobei sich der sensitive Bereich (12) und zumindest ein Teil der elektrischen Strukturen (13, 14, 72) auf oder innerhalb einer aktivierbaren Schicht (10) befindet, und um den Bereich des zu erzeugenden Sensorelementes (15) mit dem sensitiven Bereich (12) und dem Teil der elektrischen Strukturen (13, 14, 72) ein umlaufender Graben (11) erzeugt, der von mindestens einer Verbindungsstelle (25) unterbrochen ist, die den Bereich des Sensorelementes (15) mit dem außerhalb des umlaufenden Grabens (11) liegenden Teil der aktivierbaren Schicht (10) verbindet. Danach erfolgt ein Entfernen der Opferschicht (20) unter dem Bereich des Sensorelementes (15), ein Fixieren des Bereiches des Sensorelementes (15) mit einer Halteinrichtung (50), ein Aufbrechen der Verbindungsstellen (25) und ein Transfer des mit der Halteinrichtung (50) fixierten Sensorelementes (15) sowie ein Verbinden mit einem Träger (70) zu dem Bauteil (5).

30

Figur 2



Fig.1a

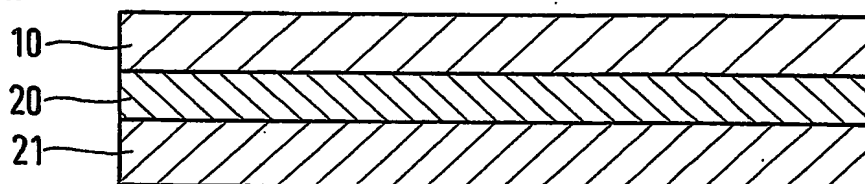


Fig.1b

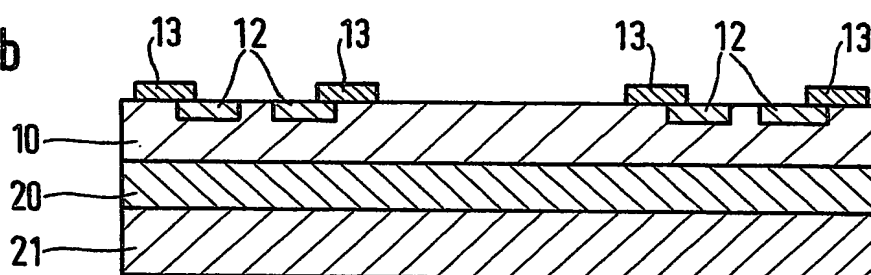


Fig.1c

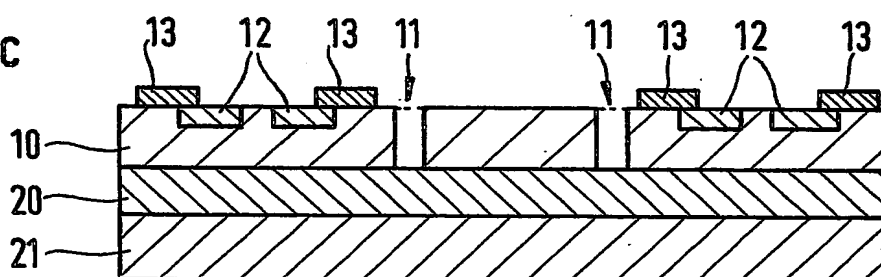


Fig.1d

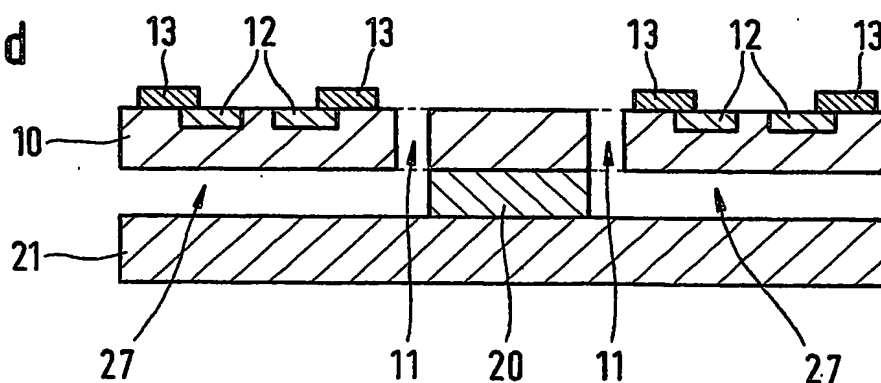




Fig.3a

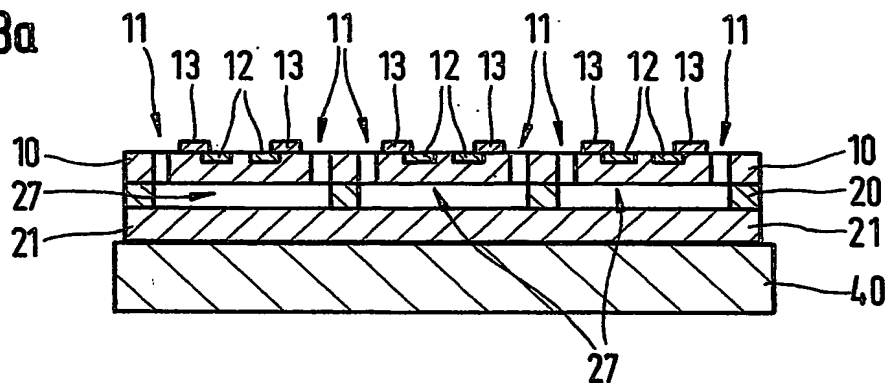


Fig.3b

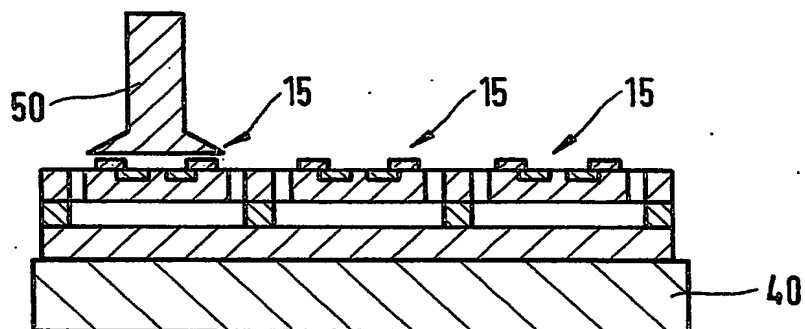


Fig.3c

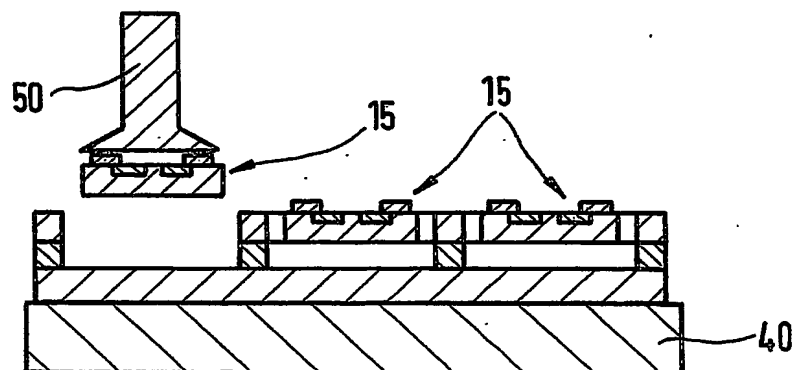
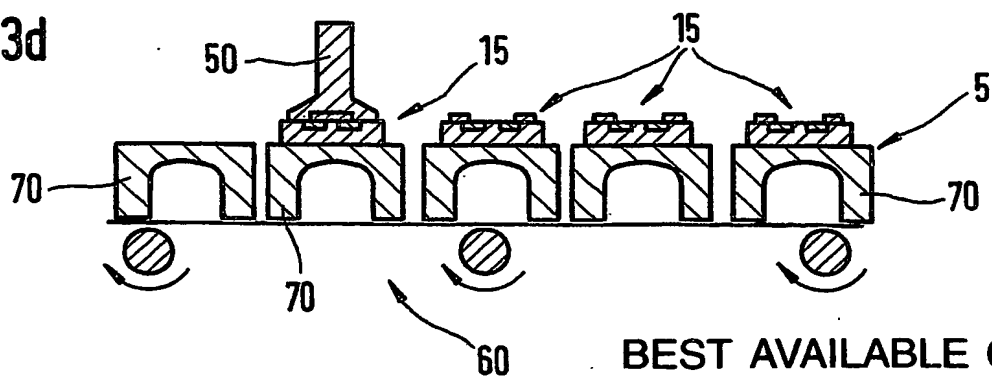


Fig.3d



4/4

Fig. 4a

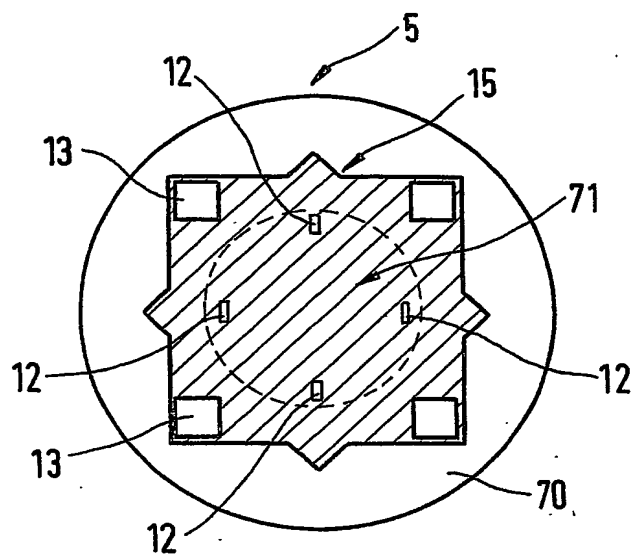


Fig. 4b

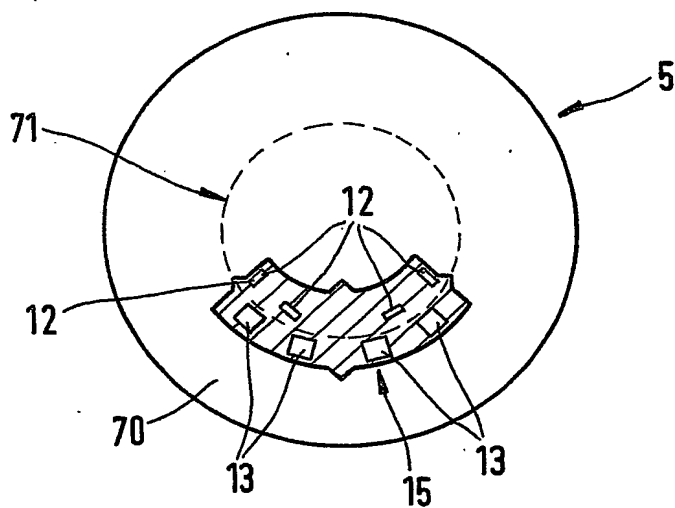
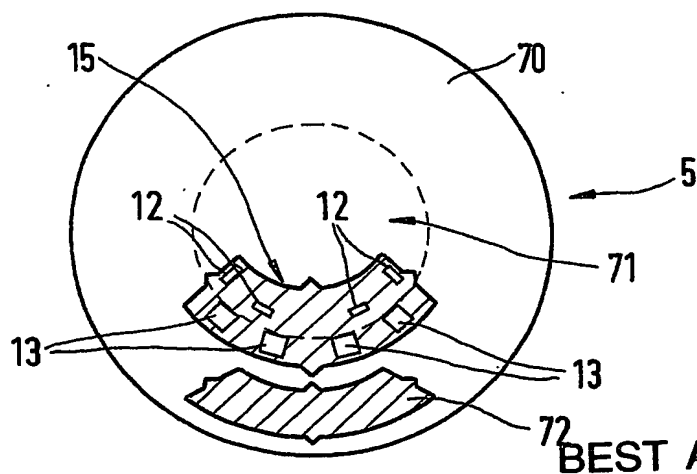


Fig. 4c



BEST AVAILABLE COPY